

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-097114

(43)Date of publication of application : 12.04.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

(21)Application number : 06-230834

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.09.1994

(72)Inventor : TOUKI TATSUHIKO

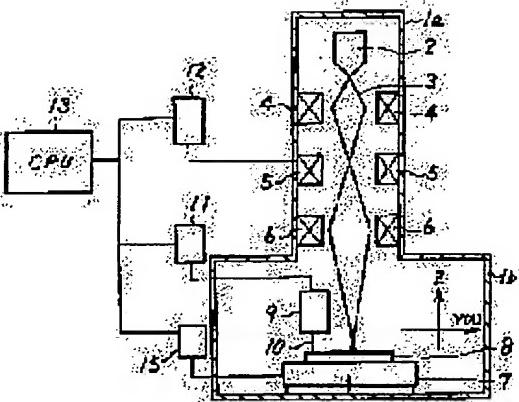
MORI ICHIRO

TAMAMUSHI SHUICHI

## (54) ALIGNMENT METHOD

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To maintain alignment accuracy even if an alignment mark is partially abnormal by obtaining each chip arrangement from a mark position by the least squares method, adjusting weight according to the residue between a detection mark position and the mark position obtained from the chip arrangement, repeating the least squares method, and obtaining the chip arrangement again.



**CONSTITUTION:** An alignment optical system 9 measures the intensity change of reflection light from a mark due to the travel of a stage 7 using laser beams 10 etc., to detect the mark position in xy directions of a wafer 8. The arrangement of each chip on the wafer 8 determined from the mark position obtained by the alignment detection signal is obtained by the least square method. Then, weight is adjusted by the residue between the mark position obtained by the alignment detection signal and the mark position on the obtained chip arrangement and the least squares method is repeated to obtain the chip arrangement again, thus eliminating error data even if the alignment measurement data partially have an error or reducing the weight for improving alignment accuracy.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 企 關 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特關平8-97114

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

鐵別紀號 單內整理卷號

P I

技術表示館所

HOL 21/30

541 K

審査請求 替請求 詞求項の数2 OL 〈全 6 頁〉

(21)出願番号	特願平6-230934	(71)出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区坂川町72番地
(22)出願日	平成6年(1994)9月27日	(72)発明者	京木 達彦 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
		(72)発明者	森 一朗 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
		(72)発明者	玉虫 秀一 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
		(74)代理人	弁理士 前近 敏佑

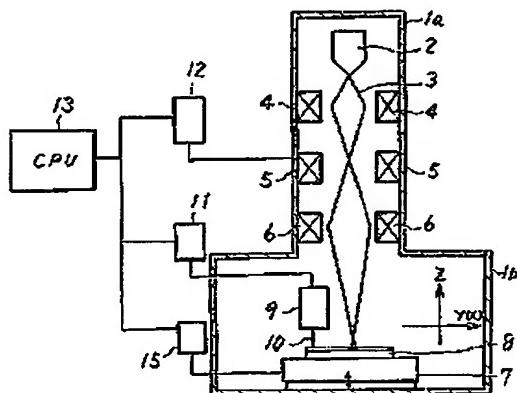
(54) 【発明の名称】 位置合わせ方法

(57) [要約]

**【目的】** 検出したアライメントマークの一部に異常があった場合においても、アライメント精度がこの異常なデータに影響されないデータ処理を提案する。

**【構成】** アライメント検出信号より得られたマーク位置データから決定したウェハ上の各チップの配列を最小二乗法で求め、アライメント検出信号より得られたマーク位置と求めたチップ配列上のマーク位置の残差から並みを調節し、最小二乗法を反復して再びチップ配列を求める。

【効果】 アライメント形状の真値などが原因となって大きなアライメント誤差が発生した場合においても、この異常なデータに影響されることなく位置合わせを行うことが可能となる。



(2)

特開平8-97114

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の位置に試料上の領域をアライメントする位置合わせ方法において、前記試料上のいくつかの領域のマーク位置を検出し、この検出されたマーク位置を求める、前記検出されたマーク位置から各チップの配列を最小二乗法によって求め、前記検出されたマーク位置と前記チップの配列によって求められるマーク位置との残差によって重みを調節し、最小二乗法を反復して再びチップ配列を求める特徴とする位置合わせ方法。

【請求項2】 前記検出されたマーク位置と前記チップの配列によって求められるマーク位置との残差によって重みを調節する方法において、前記残差が小さいときは、最小二乗法と同等の重みを持ち、残差が極めて大きいときは重みをゼロとし、残差が小さい場合と大きい場合の中間では重みが連続的に変化するように調節する手段を備えることを特徴とする請求項1記載の位置合わせ方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、I.C. L.S.I.等の半導体装置の製造工程で使用される露光装置及びパターン位置測定装置の位置検出精度の向上に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、L.S.I.等の回路パターンの微細化に伴い、パターン転写手段として、高解像性能を有する光学式縮小投影露光装置が広く使用されてきた。しかし、パターン寸法が $0.1 \sim 2 \mu m$ 以下の半導体デバイスを製造するためには、従来の光学式縮小露光装置ではパターン解像度に限界がある。そのため、電子ビーム露光装置が注目されている。電子ビーム露光装置でデバイスパターンを描画する場合、描画に先だってウエハを高精度に位置合わせ（アライメント）する必要がある。アライメントはウエハに形成されたマーク位置を検出する。このウエハマークの測定方法としては、大きくグローバル方式とダイバイダイ方式に分類できる。ダイバイダイ方式はウエハ上のチップ毎にアライメントを行つて高精度な位置合わせが可能である。しかし、実際の生産ではグローバルアライメントはマークの位置検出回数が少なくアライメントに要する時間が少ないという利点がある。

【0003】 グローバルアライメント方式はウエハに形成された数個のアライメントマークをアライメント光学系を用いて測定し、得られたマーク位置からチップの配列を補正して露光を行うものである。

【0004】 このような、露光装置のアライメント精度は、例えばウエハ上のレジストの塗布状態やウエハに形成されたマークの状態の影響を受ける。このマーク形状の影響を低減する位置合わせ方法としては、例えば特開平2-294015によって報告されている。

10

20

30

30

40

50

【0005】 この位置合わせ方法は、チップに設けられているマークの検出信号（マーク信号）の状態、もしくはチップ位置毎の計測位置データの状態から、各計測位置データの信頼度を決定し、この信頼度に応じて重み付けされた各位置計測データに間連する値からウエハ上の各チップの配列（精正位置データ）を決定している。

【0006】 また、この位置合わせ方法は、決定されたチップ配列を近似関数で示す場合、計測位置データによって示される実際の露光位置と、該近似関数によって示される露光位置の残差の自乗もしくは絶対値を、各計測位置データのそれぞれの信頼度に応じて重み付けし、この重み付けされた残差の総和を最小とするように該近似関数を決定する最小二乗法を適用している。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、チップに設けられているマークの検出信号（マーク信号）の状態、もしくはチップ位置毎の計測位置データの状態から、各計測位置データの信頼度を決定する方法では以下のようないくつかの問題があった。図5は、アライメントマークが塗布されたレジスト51の非対称性などの原因によってアライメント検出位置が変化した例を示す。（a）はマークの非対称性が無いとき、（b）はマークの非対称性があるときを示す。（b）のアライメント検出信号は（a）の波形が平行シフトして出力されることが多い。このようにアライメント検出信号の形状が変化せず平行シフトした場合に、従来の位置合わせ方法では（a）と（b）マーク位置計測値の信頼度は同一と判断されてしまう。

【0008】 本発明はこのような自信に鑑みてなされたもので、その目的は、検出したアライメントマークの一部に異常があった場合においても、アライメント精度がこの異常なデータに影響されないデータ処理を提案するものである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段と作用】 上記目的を達成するために本発明では、チップ領域ごとに設けられているマークの検出信号の状態、もしくはチップ領域ごとの計測位置データから、ウエハ上の各チップの配列を求める最小二乗法で求め、アライメント検出信号より得られたマーク位置と求めたチップ配列上のマーク位置の残差によって重みを調節し、最小二乗法を反復して再びチップ配列を求めている。これにより、アライメント計測データの一部に誤りがあるときにも誤りのデータを除去もしくは重みを小さくすることでアライメント精度の向上が図れる。

## 【0010】

【実施例】 以下、本発明の詳細をウエハに回路パターンを形成する電子ビーム描画装置を例にとって実施例を用いて説明する。図1は、本発明による荷電ビーム描画装置の一実施例である電子ビーム描画装置の構成を示す概略図である。この図に示すように図1-a内の上部には

(3)

特開平8-97114

3

電子銃2が設置されており、この電子銃2の先端からは電子ビーム3が照射される。照射された電子ビーム3は集束レンズ4で集束され、ビーム走査用の偏向器5を通過した後、対物レンズ6により再び集束され、ウエハ面8上で絶像される。

【0011】一方、鏡筒1aの下部には試料室1bがあり、この底部には、図示していない移動手段によりxy平面に移動可能なウエハ8を載置するステージ7が配置されている。このウエハ8表面では電子ビーム3の照射位置は偏向器5と偏向器の制御系12によって補正される。さらに、ウエハ8上に形成されたマークを検出するアライメント光学系9、得られた測定値を計算する演算部13、電子ビームの照射位置を補正する制御系で構成される。アライメント光学系9はレーザ光10などを用い、ステージ7の移動に伴うマークからの反射光の強度\*

$$\begin{aligned} dx &= \alpha x - (\theta c + \theta o) y + Mx \cdot x + Sx \\ dy &= \alpha y + \theta c \cdot x + My \cdot y + Sy \end{aligned}$$

ここで、 $(\alpha x, \alpha y)$ はxy方向の平行シフト誤差、 $(Mx, My)$ は倍率誤差、 $(\theta c)$ は回転方向の誤差、 $(\theta o)$ は直交度誤差。 $(Sx, Sy)$ は残りのランダム誤差を表す。これらの線形誤差係数 $(\alpha x, \alpha y, \theta c, \theta o, Mx, My)$ は演算部13で最小二乗法を用いて求める。ここでは、1次の線形成分の導出について述べたが、高次成分についても同様の手法で求めることができる。

【0014】しかし、最小二乗法は、測定値に偏りがなく、その誤差が正規分布をし、さらにモデルにも近似の誤差がないという前提を置いている。しかし、これらの前提は、データ解析の最終的な段階でのみ近似的に満たすことができる理想の状態であり、データ解析の初期段階ではとうてい満たすことができない。実際の測定値には、アライメントマークの形状誤差によって大きな誤差を持つことがある。このような不完全なデータに最小二乗法を機械的に適用すると、誤った測定値にひっぱられて全く誤った値が得られる。グラフなどを作成する人が直接にあてはめを行うときには、そのような異常にすぐに気がついて何らかの処置を行える。ところが、計算機では機械的に計算をしてしまって、問題があることに気が※

\*変化を測定することでウエハ8のxy方向のマーク位置の検出を行う。本発明において、検出光学系9の方式は、特に限定しない。

【0012】図2はウエハ8に予め形成したアライメントマーク16の配置例を示す。このウエハ8を電子ビームで描画するのに先立ち、ステージ7上にウエハ8を搭載した状態でアライメントマーク16位置をアライメント光学系9で測定する。ウエハチップの位置誤差は図3に示すように、線形誤差(平行シフト31、回転32、倍率33、直交度34)とランダム誤差35に分能できる。また、理論上のマーク位置(x, y)と測定によって得られたマーク位置との差を(dx, dy)とするとき、ウエハの変形は次式であらわされる。

【0013】

【数1】

(1)

※つかないことがある。このような経験の反省として、データやモデルの不完全性をも予期し、小数の不特定なデータには誤りがあるかもしれないが大多数のデータは信頼できるものと考えて、あてはめを行う。その目標は、(a)データの一部に誤りがあるときにもパラメータの推定値にそれが生じにくいくこと、また、(b)誤差の分布が正規分布のときだけでなく、裾の広い非規則型の複数の誤差分布に対しても、パラメータの推定値の分散が十分に小さくなる。このような目標を実現する推定法の一つにM推定法がTukey(National Academy of Sciences, Washington(1974), pp. 3-14)によって報告されている。

【0015】いま、n個の測定値 $y_i$ ( $i = 1 \sim n$ )が与えられ、それぞれの測定条件での誤差の確立分布が真値 $y_i^*$ と分散 $\sigma_i^2$ とを用いて $P(y_i^*; y_i, \sigma_i^2) = P((y_i - y_i^*) / \sigma_i)$ と仮定されるとする。パラメータ推定値 $x$ に対する尤度は、

【0016】

【数2】

$$L = \prod_{i=1}^n P([y_i - f(x)] / \sigma_i) \quad (2)$$

である。尤度最大の条件は、対数尤度の形であらわして、

★ 【0017】

★ 【数3】

$$\log L = \sum_{i=1}^n \log P([y_i - f(x)] / \sigma_i) = \text{最大} \quad (3)$$

となる。これをパラメータ $x_j$ ( $j = 1 \sim n$ )で微分すると、方程式

【0018】

【数4】

(4)

特開平8-97114

5

6

$$\sum_{i=1}^n (A_{ij}/\sigma_i) \Psi(v_i/\sigma_i) = 0 \quad (j=1 \sim m) \quad (4)$$

が得られる。ここで、 $v_i$  は残差 ( $= y_i - f(x)$ )、 $A_{ij}$  はヤコビアン係数  $f_j'(x_i)$ 、 $\Psi(v/\sigma)$

は  $\Psi(z) = -d(\log P(z)/dz)$  \* [0019]

である。もし、誤差分布が正規分布であれば、 \* [数5]

[0020] \*

$$\Psi(z) = -d(\log P(z)/dz) \quad (5)$$

となり、(4)式は最小二乗法の式(7)と同じになる。 ★ [0021]

【0022】さらに考えを一般化して、誤差分布 ★ [数7]

$$\Psi(z) = z \quad (6)$$

となり、(4)式は最小二乗法の式(7)と同じになる。 ★ [0021]

【0023】さらに考えを一般化して、誤差分布 ★ [数8]

$P(z)$  から離れて任意の関数  $\Psi(z)$  を取り上げ。 ★20

$$\sum_{i=1}^n A_{ij} v_i [\Psi(v_i/\sigma_i) / (\sigma_i)] / \sigma_i^2 = 0 \quad (j=1 \sim m) \quad (8)$$

であるから、最小二乗法の重み  $w_i = \sigma_i^{-2} / \sigma_i^2$  の ◆ [0024]

かわりに、有効重み ◆ [数9]

$$\begin{aligned} w_i^{eff} &= [\Psi(v_i/\sigma_i) / (\sigma_i)] \cdot \sigma_i^{-2} / \sigma_i^2 \\ &= [\Psi(v_i/\sigma_i) / (\sigma_i)] \cdot w_i \end{aligned}$$

を用いたのと同等になる。ここで、 $z_i = v_i / \sigma_i$  を用いたのと同等になる。ただし、この有効重みは残差に依存しているのでパラメータの推定値の変化に応じて有効重みも変化させなければならない。このように有効重みを調整しつつ重みつき最小二乗法を反復すれば、最小二乗法をもととする任意のあてはめ法を実現できる。重み調整因子  $w_i^{eff}$  は以下のように与える。

【0025】(i) 規格化残差  $|z_i|$  が小さいときは、最小二乗法と同等の重みを持つ。

(ii) 規格化残差  $|z_i|$  が極めて大きいときには、重みをゼロとする。

(iii) その中間では重みが連続的に変化する。

【0026】図4は、アライメントを行ったときのアライメント計測誤差を示した例である。図の縦軸4-1は、アライメントマーク座標の理論値と実測値を格子点補正した位置との差を示したものである。横軸4-2はウエハの中心を原点としたときのアライメントXマーク位置を示した。この図から、No. 6とNo. 10のマークが0.1μmほどはずれていることが分かる。このようにマークの検出誤差が大きい場合には異常であることを認識し、格子点補正計算時に上記の方法で異常値を除けばよい。本発明は電子ビーム装置を用いて説明したが、光縮小投影露光装置のアライメントに適用できるのは当然

【0027】 ☆ (4)式をあてはめの基本方程式であると考える。

【0028】 (4)式を(7)式に対応するように書くと、

【0029】 【数8】

として、あらゆる位置測定装置にも適用できる。

【0027】 ◆ [数9]

【発明の効果】以上示したように、本発明によれば、アライメント形状の異常などが原因となって大きなアライメント誤差が発生した場合においても、この異常なデータに影響されることなく位置合わせを行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の構成概略図。

【図2】 ウエハ上に形成されたアライメントマークを示す平面図。

【図3】 アライメントによる誤差の分類を示す平面図。

【図4】 アライメント計測誤差の例を示す図。

【図5】 アライメントマークが非対称な場合の検出信号の変化を示す断面図。

【符号の説明】

1a…鏡筒

1b…試料臺

2…電子ビーム

3…電子ビーム

4…集束レンズ

5…偏向器

(5)

特開平8-97114

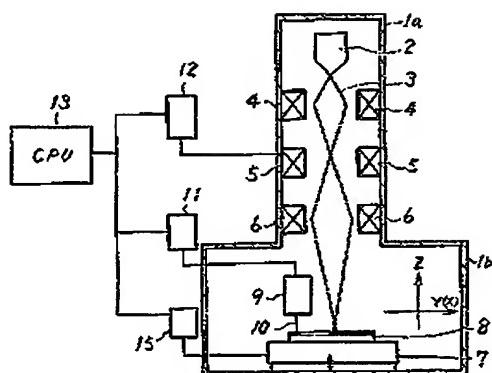
8

- 6…対物レンズ  
7…ステージ  
8…マスク  
9…位置検出器  
10…レーザ光軸

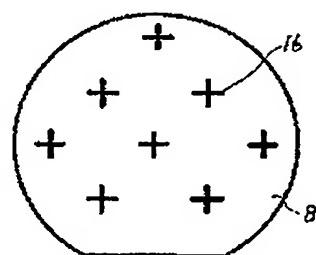
- \* 11…位置検出器制御系  
12…偏向器制御系  
13…演算部  
16…アライメントマーク

\*

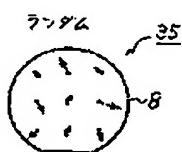
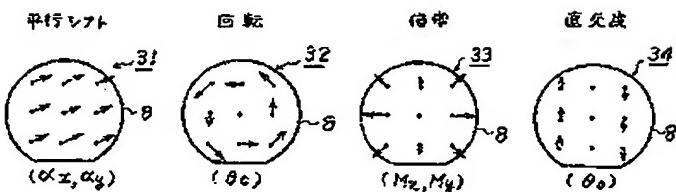
【図1】



【図2】



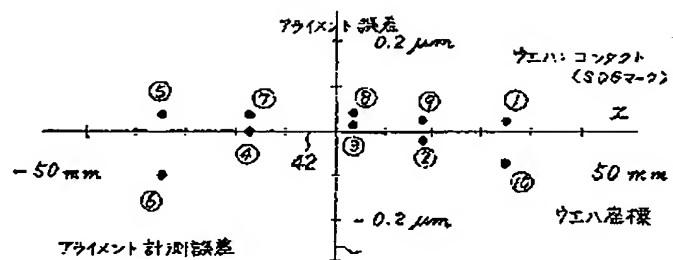
【図3】



(6)

特開平8-97114

【図4】



【図5】

